



Staatliches Gewerbeaufsichtsamt  
Hildesheim



## Immissionsmessprogramm Nordenham 2016

**Staubniederschlag und  
PM<sub>10</sub>-Feinstaub  
sowie Staubinhaltsstoffe**

Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung,  
Lärm und Gefahrstoffe - ZUS LLG



Niedersachsen

**Bericht Nr. 43-17-BI-001**

Stand: 27.10.2017

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim

Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm und Gefahrstoffe - ZUS LLG

Dezernat 43

Postanschrift:

Goslarsche Straße 3

31134 Hildesheim

Dienstgebäude:

An der Scharlake 39

31135 Hildesheim



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Allgemeines .....	5
1.2	Auftraggeber .....	5
2	Beschreibung der Messaufgabe .....	6
3	Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung.....	6
3.1	Beurteilungsgebiet .....	6
3.2	Beurteilungspunkte .....	6
3.3	Emissionsquellen .....	6
3.4	Messstellenübersicht.....	8
4	Messplanung .....	10
4.1	Messkomponenten.....	10
4.2	Geräteeinsatz.....	10
4.3	Probenahmezyklen, Messzeitraum .....	10
5	Beurteilungsgrundlagen.....	10
6	Durchführung der Messungen und Analysen .....	11
6.1	Staubniederschlag .....	11
6.2	Blei-, Cadmium- und Zink-Depositionen .....	12
6.3	PM <sub>10</sub> -Feinstaubkonzentration .....	12
6.4	Staubinhaltsstoffanalysen bei Filterproben.....	12
7	Qualitätssicherung.....	12
7.1	Datenverfügbarkeit.....	12
7.2	Messunsicherheit bei Staubniederschlagsmessungen .....	13
7.3	Messunsicherheit bei PM <sub>10</sub> -Feinstaubmessungen.....	13
8	Ergebnisse .....	13
8.1	Staubniederschlag .....	14
8.2	Blei-Deposition.....	14
8.3	Cadmium-Deposition.....	14
8.4	Zink-Deposition .....	14
8.5	Entwicklung der Depositionsbelastung .....	16
8.6	PM <sub>10</sub> -Feinstaub und Staubinhaltsstoffe .....	18
9	Zusammenfassung .....	19
10	Literatur .....	21



### **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Lage der Beurteilungspunkte .....	8
Abbildung 2: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert (Blei).....	16
Abbildung 3: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert (Cadmium) .....	17

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht der Quellarten staubrelevanter Betriebe in Nordenham.....	7
Tabelle 2: Geografische Koordinaten der Beurteilungspunkte .....	9
Tabelle 3: Immissionswert für Staubniederschlag .....	11
Tabelle 4: Immissionswerte für Schadstoffdepositionen.....	11
Tabelle 5: Grenzwerte für Partikel (PM <sub>10</sub> ) und Blei.....	11
Tabelle 6: Zielwerte für Staubinhaltsstoffe des PM <sub>10</sub> -Feinstaubes .....	11
Tabelle 7: Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Depositionen.....	15
Tabelle 8: Jahresmittelwerte des gesamten Beurteilungsgebietes im Vergleich .....	18
Tabelle 9: Jahresmittelwerte der PM <sub>10</sub> -Konzentration sowie der Inhaltsstoffe .....	18

### **Anhang**

Tabelle A1: Staubniederschläge 2016 im Vergleich mit den Jahren 2011 – 2015.....	22
Tabelle A2: Blei-Depositionen 2016 im Vergleich mit den Jahren 2011 - 2015 .....	23
Tabelle A3: Cadmium-Deposition 2016 im Vergleich mit den Jahren 2011 - 2015.....	24
Tabelle A4: Zink-Deposition 2016 im Vergleich mit den Jahren 2011 - 2015 .....	25



## 1 Einleitung

### 1.1 Allgemeines

Im Umfeld der Hüttenanlagen in Nordenham werden seit 1976 die Staubbiederschläge sowie die Blei- und Cadmium-Depositionen gemäß TA Luft [1] und zusätzlich die Zink-Depositionen überwacht. In Abstimmung mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg, als zuständige Aufsichtsbehörde, werden Probenahme und Analytik im Rahmen einer Eigenüberwachung durch den Betreiber der Hüttenanlagen, die Weser-Metall GmbH (WMG), durchgeführt.

Seit dem Jahr 2002 finden ergänzend  $PM_{10}$ -Feinstaubmessungen mit Hilfe eines Staubsammlers gemäß den Anforderungen der 39. BImSchV [2] an einem ausgesuchten Beurteilungspunkt statt, die ebenfalls von der WMG vorgenommen werden. Zu den Aufgaben des hütteneigenen Labors zählen daneben die Staubinhaltsstoffuntersuchungen auf die Elemente Arsen, Blei, Cadmium und Nickel. Die Messergebnisse, sowohl der Staubbiederschlags- als auch der  $PM_{10}$ -Feinstaub-Bestimmungen werden mit den jeweils dazugehörigen Ergebnissen der Inhaltsstoffanalysen von der WMG an die Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm und Gefahrstoffe (ZUS LLG) im Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim weitergeleitet, wo sie überprüft und zu einem Jahresbericht zusammengestellt werden.

Im Rahmen der Qualitätssicherung werden durch die ZUS LLG an fünf Beurteilungspunkten Vergleichsmessungen des Staubbiederschlags durchgeführt und ausgewertet. Seit Beginn des Jahres 2010 werden von der ZUS LLG Filterproben für zusätzliche Messungen in Nordenham bereitgestellt. Diese Filter werden im täglichen Wechsel mit den Filtern der WMG zur Probenahme im selben Staubsammler eingesetzt und anschließend im Labor der ZUS LLG in Hildesheim analysiert. In beiden Laboratorien fallen damit rund 180 Filterproben im Jahr an. Für die Berechnung der Jahresmittelwerte der  $PM_{10}$ -Feinstaub- und Schwermetallkonzentrationen werden die Ergebnisse beider Laboruntersuchungen zusammengestellt. Bei den Staubbiederschlagsmessungen dienen dagegen die von der ZUS LLG durchgeführten Vergleichsmessungen ausschließlich der Qualitätssicherung. Die Ergebnisse dieser Vergleichsmessungen gehen nicht, oder nur ersatzweise, in die Ergebnisauswertungen ein.

In diesem Bericht werden die Messwerte aus dem Jahr 2016, sowohl der Staubbiederschlags- als auch der  $PM_{10}$ -Feinstaubuntersuchungen und der jeweiligen Staubinhaltsstoffe dargestellt, mit Kenngrößen aus den zurückliegenden Jahren verglichen und anhand der Immissions- bzw. Grenzwerte beurteilt.

### 1.2 Auftraggeber

Die Immissionsmessungen werden gemäß den immissionsrechtlichen Anforderungen in enger Absprache mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg als Genehmigungsbehörde durchgeführt. Auftraggeber ist das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz in Hannover.



## 2 Beschreibung der Messaufgabe

Anhand von Staubbiederschlagsmessungen soll die Immissionsbelastung durch sedimentierende Partikel in der Nachbarschaft der Blei- und Zinkhütte fortgesetzt bewertet werden. Daneben sind PM<sub>10</sub>-Feinstaubmessungen auf der Basis von 24-Stunden-Proben durchzuführen. Den Umfang der Überwachungsmessungen hat das Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg festgelegt. Die Durchführung der Immissionsmessungen und die Qualitätssicherungsmaßnahmen werden in unmittelbarer Absprache zwischen der Weser-Metall GmbH und der ZUS LLG vorgenommen.

## 3 Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung

### 3.1 Beurteilungsgebiet

Das Beurteilungsgebiet zur Bestimmung des Staubbiederschlags umfasst im aktuellen Berichtsjahr 23 Messstellen (Beurteilungspunkte - Abbildung 1). Von ehemals auf einer Fläche von 36 km<sup>2</sup>, im Abstand von 1 km durchgeführten Rasteruntersuchungen, wurden im Rahmen der Modernisierung der technischen Anlagen sowie der Sanierung des Hüttengeländes schrittweise Messstellen abgebaut. Aufgrund der verbesserten Immissionssituation, insbesondere im südlich der Hütte gelegenen Stadtgebiet, wurde zuletzt im Jahr 2005 durch einen weiteren Abbau von Messstellen die Überwachungsaktivität auf den Nahbereich der Hütte konzentriert.

### 3.2 Beurteilungspunkte

In der Kartenübersicht (Abbildung 1) wird die Lage der Beurteilungspunkte dargestellt und in Tabelle 2 mit den dazugehörigen Breiten- und Längengraden, sowie weiteren Details, auf der Grundlage des UTM-Koordinatensystems (ETRS89) aufgelistet. Die Auswahl, der zuletzt übrig gebliebenen Beurteilungspunkte, berücksichtigt sowohl die Beurteilungsmöglichkeit der Hintergrundbelastung (nördlich und westlich gelegene Messstellen) als auch des Kerngebietes im Umkreis um das Hüttengelände.

Die PM<sub>10</sub>-Feinstaubmessungen wurden am sogenannten „Aufpunkt“ gemessen, dem Ort, an dem ausbreitungsbedingt die höchsten Zusatzbelastungen erwartet werden. Dieser befindet sich in der Nähe des Beurteilungspunktes NM4.4 und trägt daher die gleiche Ortsbezeichnung.

### 3.3 Emissionsquellen

Die in diesem Bericht beschriebenen Immissionsuntersuchungen sind primär auf die hüttentypischen Emissionen ausgerichtet. Im Mittelpunkt der Bewertung stehen die aktuellen Immissionen, die den Betriebsteilen Weser Metall GmbH (WMG) und Nordenhamer Zinkhütte GmbH, welche früher zusammengefasst als Friedrich-August-Hütte bzw. mit Firmennamen der Rechtsnachfolger (Preussag, Metaleurop) benannt wurden, zugeordnet werden. Gegenwärtig fungieren die beiden Betriebe selbstständig aber weiterhin nebeneinander auf demselben angestammten Firmenareal.

Darüber hinaus gibt es weitere Quellen, die infolge der Ausbreitung im weiteren Sinne dem „Hüttenaltstandort“ geschuldet sind. Dazu gehören Wiederaufwirbelungen abgelagerter Stäube,



die im Laufe der Zeit im Umfeld der Anlagen niedergeschlagen sind und temporär als Sekundärimmissionen unterschiedlicher Quellen wieder in Erscheinung treten können. Beispielsweise können diese, nicht quantifizierbaren Quellenanteile, dem Werks- und Transportverkehr sowie den Bau- und Umschlagstätigkeiten in Verbindung mit meteorologischen Gegebenheiten zugeordnet werden. Die Lage der zusätzlich emissionsrelevanten Anlagen, mit diffusen Quellen, entspricht annähernd den durch Fähnchen-Beschriftung gekennzeichneten blauen Punkten in der Übersichtskarte (Abbildung 1).

Die technischen Anlagenteile der Weser Metall GmbH und der Nordenhamer Zinkhütte GmbH werden gemäß den Auflagen regelkonform betrieben. Beide Betriebsteile sind nach ISO 9001 und ISO 14001 zertifiziert und werden jedes Jahr aufs Neue begutachtet. Bei den Überprüfungen sind bisher nur in Ausnahmesituationen geringfügige Mängel festgestellt worden. Verbesserungen der Emissions- bzw. Immissionssituation werden fortwährend umgesetzt. Mit einer nachträglichen immissionsschutzrechtlichen Anordnung nach § 17 BImSchG, vom Oktober 2007, wurde die Einhaltung der Grenzwerte gemäß der TA Luft 2002 eingefordert. Die entsprechenden Emissionsgrenzwerte wurden an beiden Betriebsteilen sicher eingehalten [3].

**Tabelle 1:** Übersicht der Quellarten staubrelevanter Betriebsanlagen in Nordenham [3]

Betrieb	Quellarten	Staubinhaltsstoffe	Bemerkungen
Weser Metall GmbH (WMG)	Gefasste Quellen und diffuse Quellen (Werkstraßen, Schiffsumschlaganlage weitgehend geschlossen aber ohne Absaugung)	Pb, Cd	Die Pieranlage wurde komplett geschlossen und seit April 2016 ist eine Absauganlage in Betrieb
Nordenhamer Zinkhütte GmbH	Gefasste Quellen und diffuse Quellen (Werkstraßen und Schiffsumschlaganlage von der WMG wird mit genutzt)	Zn, Cd, Pb	
WS Weser-Logistik	Eine gefasste Quelle (LKW-Entladung in der Halle, diffuse Quellen durch Fahrstraßen, Baustofflagerplätze und Schiffsumschlaganlagen)	Pb, Cd	Es werden Hallenkapazitäten sowie Be- und Entlade-sowie Umschlagsdienstleistungen den Hüttenbetrieben und Kronos Titan (Grünsalz) zur Verfügung gestellt.
Rhenus Midgard Stadthafen	Diffuse Quellen (Lagerflächen und Schiffsumschlag)	div. Metalle z.B. As, Cd	
Rhenus Midgard Blexen	Diffuse Quellen (Schiffsumschlag, offene Tore, Fahrstraßen), eine gefasste Quelle (Getreideverladung LKW)	Pb, Cd, Zn	
Deponie Galing II	Diffuse Quelle (Ablagerungsfläche)	Pb, Cd, Zn	



### 3.4 Messstellenübersicht

**Abbildung 1:** Lage der Beurteilungspunkte im Beurteilungsgebiet Nordenham



- Messstellen
- Ansässige Firmen



Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011 Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN)

(Karte im Maßstab 1:50.000)



**Tabelle 2:** UTM-Koordinaten (ETRS89) der Beurteilungspunkte und Entfernungsangaben zum ehemaligen Schachtofengebäude bzw. zur nächstgelegenen Wohnbebauung

Messstellen- bezeichnung	X-Wert (m) Rechtswert	Y-Wert (m) Hochwert	Entfernung zum Betriebsgelände <sup>1)</sup>	Abstand zu Wohnbebauung <sup>2)</sup>
NM1.3 <sup>3)</sup>	32466143	5931860	3700	1320
NM2.6	32468813	5931065	3215	Wohngebiet
NM2.7	32470007	5931138	3950	420
NM3.2	32464916	5930095	2865	100
NM3.3	32466171	5930163	2100	500
NM3.4	32466988	5929826	1530	650
NM3.5	32467736	5929812	1610	160
NM3.6 <sup>3)</sup>	32469012	5930044	2530	550
NM4.3	32465937	5929077	1440	Wohngebiet
NM4.31	32466249	5929161	1250	Wohngebiet
NM4.32 <sup>4)</sup>	32466574	5929338	1300	Wohngebiet
NM4.4 <sup>3)</sup>	32466839	5929036	800	Firmengelände
NM4.5	32468041	5929170	1230	Firmengelände
NM5.2	32464734	5928059	2450	20
NM5.3 <sup>3)</sup>	32465890	5928159	1280	Wohngebiet
NM5.4	32467001	5927950	385	Firmengelände
NM5.6 <sup>4)</sup>	32467985	5927171	Rechtsseitig der Weser	Brachland
NM6.5 <sup>4)</sup>	32468941	5927625		Brachland
NM8.3	32465846	5929499	1770	230
NM8.31	32466481	5929725	1570	280
NM8.4	32467015	5929564	1270	170
NM10.3	32465813	5928564	1370	Wohngebiet
NM10.31	32466348	5928588	860	Wohngebiet

1) Entfernungsangaben in Metern bezogen auf das ehemalige Schachtofengebäude der Bleihütte

2) Entfernungsangaben der Beurteilungspunkte in Metern zu den nächst gelegenen Wohnsiedlungen

3) Bergerhoff-Methode als Doppelmessstelle

4) Messstellen NM5.6 und NM6.5 ab 2012; NM4.32 ab April 2012



## 4 Messplanung

### 4.1 Messkomponenten

Neben dem Staubbiederschlag werden als Staubinhaltsstoffe Blei, Cadmium und Zink bestimmt. Bei den PM<sub>10</sub>-Feinstaubuntersuchungen werden neben der Partikelkonzentration die Elemente Arsen, Blei, Cadmium und Nickel bestimmt.

### 4.2 Geräteinsatz

Die Staubbiederschlagsuntersuchungen werden gemäß der Bergerhoff-Methode entsprechend der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [4] durchgeführt. Es kamen zuletzt insgesamt 35 identische Probenahmegeräte mit Auffanggefäßen zum Einsatz. Die WMG betreut und analysiert monatlich 23 Niederschlagsproben (davon 3 Doppelbestimmungen), während die übrigen 5 Vergleichsmessungen (davon 4 Doppelbestimmungen) durch die ZUS LLG parallel, d.h. orts- und zeitgleich durchgeführt werden.

Für die PM<sub>10</sub>-Feinstaubbestimmungen wird ein Staubmessgerät des Typs DIGITEL DHA 80 im Feldgehäuse mit einem Vorabscheider zur fraktionierenden Probenahme eingesetzt. Das Gerät wird gemäß der VDI-Richtlinie 2463 Blatt 11 [5] betrieben, wobei durch einen automatischen Filterwechsler ein selbstständiger Betriebsablauf bis zu 14 Tagen möglich ist.

### 4.3 Probenahmezyklen, Messzeitraum

Der Probenahmezeitraum bei der Einzelmessung zur Bestimmung des Staubbiederschlags beträgt ca. einen Monat (30 +/- 2 Tage). Die im Monatsrhythmus erzeugten Einzelprobenergebnisse werden jeweils zu Jahresmittelwerten zusammengefasst.

Der Messzeitraum für die Einzelprobe bei der Bestimmung der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration beträgt 24 Stunden (Tagesmittelwert), jeweils beginnend um 0:00 Uhr. Neben den Tagesmittelwerten sind auch die Jahresmittelwerte des PM<sub>10</sub>-Feinstaubes sowie der Inhaltsstoffe zu bewerten.

Der Messzeitraum zur Bewertung der Staubbiederschlagsimmissionen und der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration sowie der Staubinhaltsstoffe umfasst das Kalenderjahr 2016.

## 5 Beurteilungsgrundlagen

In Tabelle 3 und Tabelle 4 sind die Immissionswerte der TA Luft [1] für den Staubbiederschlag bzw. für die Schadstoffdepositionen aufgeführt. Die Grenz- und Zielwerte der 39. BImSchV [2] für die Konzentrationen an PM<sub>10</sub>-Feinstaub und dessen Inhaltsstoffe werden ergänzend in der Tabelle 5 und Tabelle 6 aufgelistet. Die Differenzierung bei der Grenz- bzw. Zielwertsetzung ist aufgrund der unterschiedlich zu bewertenden Schutzziele erforderlich.



**Tabelle 3:** Immissionswert für Staubbiederschlag gemäß TA Luft Nr. 4.3.1 [1]

Stoffgruppe	Immissionswert	Mittelungszeitraum	Bezugszeitraum
Staubbiederschlag (nicht gefährdender Staub)	0,35 g/(m <sup>2</sup> d)	Jahr	Kalenderjahr

**Tabelle 4:** Immissionswerte für Schadstoffdepositionen gemäß TA Luft Nr. 4.5.1 [1]\*

Stoff/Stoffgruppe	Immissionswert	Mittelungszeitraum	Bezugszeitraum
Blei und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Blei	100 µg/(m <sup>2</sup> d)	Jahr	Kalenderjahr
Cadmium und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Cadmium	2 µg/(m <sup>2</sup> d)	Jahr	Kalenderjahr

\*) Für Zink-Depositionen existiert in der TA Luft kein Immissionswert

**Tabelle 5:** Grenzwerte für Partikel (PM<sub>10</sub>) und Blei gemäß TA Luft und 39. BImSchV [1, 2]

Stoffgruppe	Grenzwert	Mittelungszeitraum	Einzuhalten ab
PM <sub>10</sub> (Partikel)	50 µg/m <sup>3</sup> dürfen nicht öfter als 35 mal im Jahr über- schritten werden.	24 Stunden (Tag)	01.01.2005
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	Kalenderjahr	01.01.2005
Blei	0,5 µg/m <sup>3</sup>	Kalenderjahr	01.01.2005

**Tabelle 6:** Zielwerte für Staubinhaltsstoffe des PM<sub>10</sub>-Feinstaubes gem. 39. BImSchV [2]

Schadstoff	Zielwert	Mittelungszeitraum	Einzuhalten ab
Arsen	6 ng/m <sup>3</sup>	Kalenderjahr	01.01.2013
Cadmium	5 ng/m <sup>3</sup>	Kalenderjahr	01.01.2013
Nickel	20 ng/m <sup>3</sup>	Kalenderjahr	01.01.2013

## 6 Durchführung der Messungen und Analysen

### 6.1 Staubbiederschlag

Die Staubbiederschlagsmessungen werden gemäß der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [4] „Bestimmung des Staubbiederschlags mit Auffanggefäßen aus Glas oder Kunststoff – Bergerhoff-Methode“ durchgeführt. Zur Probenahme werden die Auffanggefäße in speziellen Halterungen für etwa einen Monat im freien Gelände exponiert und beim Transport von und zur Messstelle



jeweils mit Deckeln luftdicht verschlossen. Im Labor wird die Masse des trockenen Rückstandes der Proben analytisch ermittelt und in Bezug auf die Fläche eines Quadratmeters und die Zeiteinheit eines Tages in  $\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  als Ergebnis angegeben.

## 6.2 Blei-, Cadmium- und Zink-Depositionen

Die Untersuchungen der Staubinhaltsstoffe werden bei der WMG entsprechend der VDI-Richtlinie 2267, Blätter 14 (ICP-OES) [6] und 16 (AAS) [7] durchgeführt. Im Labor der ZUS LLG werden die analytischen Untersuchungen entsprechend des Blattes 15 (ICP-MS) [8] derselben Richtlinienreihe durchgeführt. Der trockene Rückstand wird dabei einem spezifischen Aufschluss-Verfahren unterzogen, bevor die Massen der Inhaltsstoffe mit Hilfe eines automatisierten Analyseverfahrens ermittelt werden.

## 6.3 $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubkonzentration

Die Probennahme zur Bestimmung des  $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubes erfolgt auf Glas, bzw. Quarzfaser-Filtern. Mit Hilfe einer Saugturbine wird die Umgebungsluft dabei über einen fraktionierenden Probenahmekopf angesaugt. Die Masse an gesammeltem Staub wird gravimetrisch bestimmt und in Bezug auf das Luftvolumen als Konzentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angegeben. Grundlage der Feinstaubbestimmung ist die Richtlinie DIN EN 12341 [9]; die Messmethode entspricht der VDI-Richtlinie 2463 Blatt 11 [5].

## 6.4 Staubinhaltsstoffanalysen bei Filterproben

Für weitergehende Untersuchungen auf Staubinhaltsstoffe werden die bestaubten Filterproben verschiedenen Aufschlussmethoden unterzogen. Die anschließenden Analysen der Aufschlusslösungen erfolgt mit Hilfe der Optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES) entsprechend der VDI-Richtlinie 2267 Blatt 14 [7] bzw. mit Hilfe der Massenspektrometrie (ICP-MS) entsprechend der DIN EN 14902 [8].

# 7 Qualitätssicherung

In Bezug auf die Datenqualitätsziele der 39. BImSchV [2] werden neben der Bestimmung der Datenverfügbarkeit auch die Messunsicherheit für die untersuchten Immissionen berechnet. Die Messunsicherheiten, als Begleitwerte der Messgrößen, dienen der objektiven Bewertung der Messergebnisse im Vergleich untereinander, bzw. mit den Immissions- und Grenzwerten.

## 7.1 Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit lag bei den Staubniederschlagsuntersuchungen über alle Beurteilungspunkte im Jahr 2016 bei mehr als 94 %. Die Anzahl der Proben, die pro Beurteilungspunkt für die Auswertung zur Verfügung standen, sind neben den Jahresmittelwerten als ergänzende Informationen in Tabelle 7 enthalten. Zwei fehlende oder nicht verwertbare Niederschlagsproben bei der WMG konnten durch Ergebnisreihen der ZUS LLG ergänzt werden.



Die von der WMG und der ZUS LLG bereitgestellten Ergebnisse der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration sowie der Staubinhaltsstoffuntersuchungen wurden für den Jahresbericht zusammengefasst, so dass für die Jahresmittelwertbildung mit 356 Tagesmittelwerten eine Datenverfügbarkeit von 97 % erreicht wurde.

### 7.2 Messunsicherheit bei Staubniederschlagsmessungen

Für die Berechnung der Messunsicherheiten bei Niederschlagsproben wurden Doppelbestimmungen mehrerer Jahre (2007 bis 2016) vom hüttennahen Beurteilungspunkt NM4.4 ausgewertet. Die erweiterte Messunsicherheit wurde für alle Komponenten aus den jeweiligen parallelen Datenreihen entsprechend des Anhangs B der DIN EN ISO 20988 - Berechnungsmethode A 6 - [10] berechnet.

Beim Staubniederschlag beträgt die erweiterte Messunsicherheit für den einzelnen Monatswert etwa 29 %, bezogen auf einen Gesamtmittelwert der Jahre 2007 bis 2016 von 0,08 g/(m<sup>2</sup>d) am Beurteilungspunkt NM4.4. Bei den Schadstoffdepositionen belaufen sich die für den vergleichbaren Zeitraum ermittelten erweiterten Messunsicherheiten der Einzelwerte, bezogen auf die jeweiligen Mittelwerte, wie folgt: Blei: 22 % (424 µg/(m<sup>2</sup>d)), Cadmium: 24 % (6,8 µg/(m<sup>2</sup>d)), Zink: 22 % (2030 µg/(m<sup>2</sup>d)).

### 7.3 Messunsicherheit bei PM<sub>10</sub>-Feinstaubmessungen

Der von der WMG verwendete Staubsammler vom Typ DIGITEL DHA 80 (HVS) kann in Verbindung mit der gravimetrischen Filterauswertung als gleichwertig mit der Referenz-Methode (DIN EN 12341) betrachtet werden. In einem Ringversuch der Bundesländer [11] im Jahre 2003 wurde die Vergleichbarkeit der High-Volume-Sampler (HVS) sowohl untereinander, als auch zum Referenzmessverfahren (LVS) mit weniger als 15 % erweiterter Messunsicherheit bestätigt.

In jährlicher Wiederholung werden Filterproben geteilt und zur Qualitätssicherung von beiden Laboratorien unabhängig untersucht und ausgewertet. Die Gleichwertigkeit der unterschiedlichen Aufschlussmethoden wurde vorab anhand von Vergleichsanalysen zwischen beiden Laboratorien nachgewiesen. Für die Berechnung der Messunsicherheiten bei den Elementbestimmungen werden die analytischen Ergebnisse von Doppelbestimmungen aus Vergleichsmessungen herangezogen. Die erweiterten Messunsicherheiten für die Staubinhaltsstoffe Blei, Cadmium und Zink wird im Jahr 2016 mit rund 30 % veranschlagt.

## 8 Ergebnisse

In der folgenden Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Staubniederschlagsuntersuchungen an den Beurteilungspunkten aufgelistet. Die Jahresmittelwerte sind nach Anwendung entsprechend der Rundungsregelung (TA Luft, Punkt 2.9) anhand der Immissionswerte (vergleiche Tabelle 3 und Tabelle 4) zu bewerten. Messwerte, die danach den jeweiligen Immissionswert der TA Luft überschreiten, wurden in der Tabelle rot markiert. Die übrigen Werte, die unterhalb bzw. gleichauf der Immissionswerte liegen, sind grün gekennzeichnet. Für eine bessere Differenzierung der Cadmium-Depositionen sind die Jahresmittelwerte mit einer Dezimalstelle mehr als der Im-



missionswert aufgeführt. Da für die Zink-Depositionen in der TA Luft kein Immissionswert existiert, entfällt eine entsprechende farbliche Kennzeichnung.

### 8.1 Staubbiederschlag

Die Staubbiederschlagsbelastungen im Umfeld der Hütte in Nordenham haben sich im Jahr 2016 gegenüber dem Vorjahr geringfügig verbessert (siehe Anhang, Tabelle A1). Im Durchschnitt lagen die gemessenen Staubbiederschlagsergebnisse des gesamten Beurteilungsgebietes mit  $0,08 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$  bei nur 23 % des Immissionswertes der TA Luft. Während die höchsten Einzelbelastungen der mittleren Jahresergebnisse an den Beurteilungspunkten NM2.6 und NM2.7 deutlich zurückgehen, steigen die Belastungen an den Beurteilungspunkten NM3.4, NM4.5 und NM8.4 im Jahr 2016 deutlich an. Der Immissionswert der TA Luft ( $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) wird an allen Beurteilungspunkten weiterhin deutlich unterschritten (siehe grün markierte Ergebnisse in Tabelle 7).

### 8.2 Blei-Deposition

Der Immissionswert der TA Luft für die Blei-Deposition ( $100 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) wurde im Berichtsjahr 2016 an acht Beurteilungspunkten überschritten (siehe rot unterlegte Zahlen in Tabelle 7). Es handelt sich im Wesentlichen um die bekannten hüttennahen Beurteilungspunkte und um die neu hinzugekommene Belastung knapp oberhalb des Immissionswertes am Beurteilungspunkt NM3.4. Neben der Zunahme der Staubbiederschlagsbelastung hat sich die Blei-Deposition hier fast verdoppelt. Die maximale Überschreitung, um etwa das Vierfache des Immissionswertes, bleibt auf den Beurteilungspunkt NM4.4 in der Nähe der Hütte beschränkt. In den nördlichen und westlichen Randbereichen des Beurteilungsgebietes (NM1.3, NM2.7, NM3.2, NM3.3, NM5.2) lagen die Blei-Depositionen dagegen mit Messwerten zwischen  $20 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  und  $49 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  deutlich unterhalb des Immissionswertes. In Bezug auf den Gesamtmittelwert des Beurteilungsgebietes sind die Blei-Depositionen gegenüber dem Vorjahr leicht zurückgegangen.

### 8.3 Cadmium-Deposition

Die Cadmium-Depositionen lagen im Beurteilungsgebiet an drei Messstellen oberhalb des Immissionswertes der TA Luft (siehe rot markierte Ergebnisse in Tabelle 7). Auf das gesamte Beurteilungsgebiet bezogen gab es gegenüber dem Vorjahr bei den Cadmium-Depositionen, mit durchschnittlich  $1,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ , eine leichte Abnahme bei der Gesamtbetrachtung. Am Beurteilungspunkt NM4.4 bleiben die Cadmium-Depositionen im gesamten Beurteilungsgebiet auf dem höchsten Belastungsniveau, während an den Beurteilungspunkten NM2.6 und NM10.31 die Belastungen deutlich zurückgehen. Im Gegensatz zum Blei wurde bei den Cadmium-Depositionen am Beurteilungspunkt NM3.4 kein merklicher Anstieg gegenüber dem Vorjahr festgestellt. In den letzten beiden Jahren ist, in Bezug auf den Gebietsmittelwerte, jeweils ein Rückgang zu beobachten.

### 8.4 Zink-Deposition

Für die Beurteilung der Belastung durch Zink-Depositionen existiert kein Immissionswert in der TA Luft. Hilfsweise wird die nach BBodSchV [12] zulässige jährliche Fracht ( $1200 \text{ g}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ ) ent-



sprechend 329 µg/(m<sup>2</sup>d)) als Bewertungsgrundlage herangezogen. Wie aus der Tabelle 7 erkennbar wird, treten bei den Zink-Depositionen vor allem an den hüttennahen Messpunkten NM4.4 und NM4.5 sowie am Beurteilungspunkt NM3.6 Überschreitungen der zuvor genannten Fracht auf. Ab dem Jahr 2015 nehmen die durchschnittlichen Zink-Depositionen wieder ab.

**Tabelle 7:** Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Depositionen 2016

lfd. Nr.	Beurteilungspunkt	Staub g/(m <sup>2</sup> d)	Blei -----	Zink µg/(m <sup>2</sup> d)	Cadmium -----	Probenzahl/Jahr
1	1.3	0,04	20	50	0,3	12
2	2.6	0,06	33	81	0,6	12
3	2.7	0,13	58	102	0,6	12
4	3.2	0,03	21	44	0,3	12
5	3.3	0,08	49	91	0,5	10
6	3.4	0,14	113	199	1,5	9
7	3.5	0,06	118	285	1,9	12
8	3.6	0,12	130	531	2,9	12
9	4.3	0,04	92	193	1,3	12
10	4.4	0,07	420	1206	6,2	12
11	4.5	0,11	297	810	4,8	12
12	5.2	0,11	21	89	0,3	12
13	5.3	0,04	90	144	1,3	11
14	5.4	0,04	88	139	1,2	9
15	5.6	0,06	27	60	0,5	12
16	6.5	0,09	25	48	0,3	11
hüttennah, kleinräumige Beurteilung						
17	4.31	0,05	112	169	1,4	12
18	4.32	0,05	126	261	2,0	12
19	8.3	0,06	46	93	0,6	10
20	8.31	0,06	52	129	0,9	11
21	8.4	0,14	95	192	1,8	10
22	10.3	0,05	72	132	0,9	11
23	10.31	0,12	177	330	1,8	12
Immissionswerte <sup>1)</sup>		0,35	100	-	2	-

1) Immissionswerte gem. TA Luft - Punkte 4.3.1 und 4.5.1; Farbige Kennzeichnung der Ergebnisse unter Beachtung der Rundungsregel, TA Luft Punkt 2.9



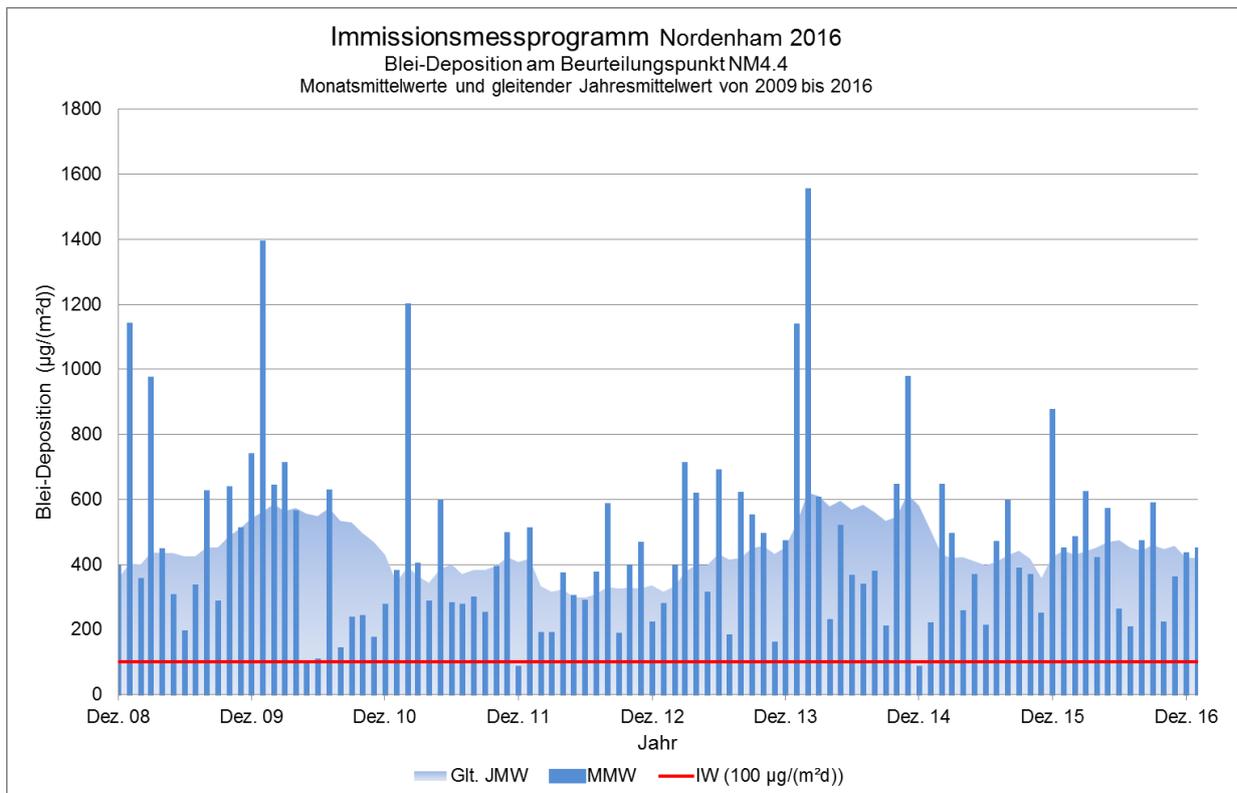
### 8.5 Entwicklung der Depositionsbelastung

Die Ergebnisse vom Beurteilungspunkt NM4.4 dürften aufgrund der geringen Entfernung zu den Betriebsgebäuden am ehesten über die Entwicklung der Emissionssituation Aufschluss geben. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass Maßnahmen technischer Verbesserungen zur Emissionsminderung aber auch die betrieblichen Auslastungen bei den Immissionsmessergebnissen deutlich sichtbar wurden. Die Messstelle auf einem eingefriedeten und begrüntem Gelände wird nur geringfügig durch menschliche Aktivitäten oder durch Resuspension von Bodenpartikeln beeinträchtigt.

In den folgenden Abbildungen 4 und 5 werden anhand der gleitenden Jahresmittelwerte (Glt. JMW) die Entwicklungen der Blei- und Cadmium-Depositionen über einen Zeitraum von 8 Jahren veranschaulicht. Daneben sind die Messwerte der einzelnen Monate (MMW) als Balkengrafik dargestellt.

An den Monatsmittelwerten lässt sich die hohe Variabilität der Depositionen erkennen, während sich anhand des Verlaufs der gleitenden Jahresmittelwerte, am hüttennahen Beurteilungspunktes NM4.4, die mittlere Belastungshöhe hinsichtlich der Lage zum Immissionswert ablesen lässt.

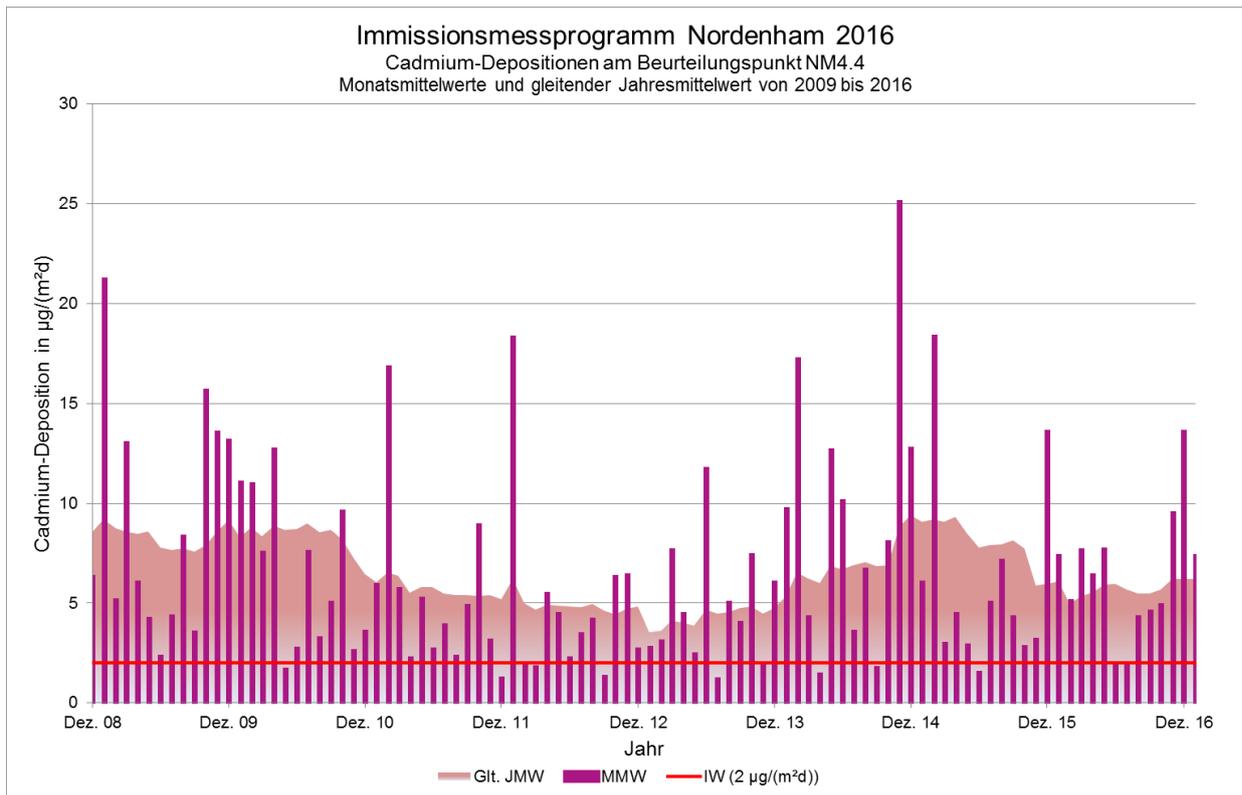
**Abbildung 2:** Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Blei-Deposition



Nachdem zum Anfang des Jahres 2014 der gleitende Jahresmittelwert der Blei-Depositionen am Beurteilungspunkt NM4.4 deutlich angestiegen war und nahezu das gesamte Jahr über auf

diesem hohen Niveau verharrte, nahmen die Blei-Depositionen mit Beginn der Jahres 2015 ebenso deutlich wieder ab. Ab Februar 2015 wurde eine Belastungshöhe von knapp über 400  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  erreicht, die mit einer geringen Schwankungsbreite bis zum Jahresende 2016 stabil bleibt. Der gleitende Jahresmittelwert lag zum Jahresende am Beurteilungspunkt NM4.4 beim etwa Vierfachen ( $420 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) des Immissionswertes der TA Luft.

**Abbildung 3:** Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Cadmium-Deposition



Bei den Cadmium-Depositionen verläuft der Anstieg des gleitenden Jahresmittelwertes am Beurteilungspunkt NM4.4 zeitverzögert und erreicht erst zum Ende des Jahres 2014 einen seit 2010 nicht mehr beobachteten Höhepunkt. Ab April 2015 geht der gleitende Jahresmittelwert in zwei deutlichen Schritten zurück, bis im Februar 2016 das Niveau vom Ende des Jahres 2013 erreicht wird (ca.  $5 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ ). Im Laufe des Jahres 2016 wird tendenziell ein leichter Anstieg beobachtet, so dass zum Jahresende, ähnlich zum Vorjahr, der Immissionswert der TA Luft an diesem Beurteilungspunkt noch um das Dreifache ( $6,2 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) überschritten wird.

In Kenntnis der fortlaufenden Umsetzungen seitens des Stands der Technik bei den Hüttenanlagen einerseits und der ungewissen hüttentypischen Immissionen aus diffusen Quellen andererseits, sind die Befunde an den einzelnen Beurteilungspunkten für die kleinräumige Bewertung und daraus abzuleitende Maßnahmen unverzichtbar. Da aber die jeweiligen Anteile aus diffusen Quellen an den Gesamtmissionen nicht separat abgeschätzt werden können, kann es hilfreich sein, die mittleren Staubniederschläge des gesamten Beurteilungsgebietes in die Bewertung einzubeziehen. Die Ergebnisse der Beurteilungspunkte in den Randbereichen des Überwachungsgebietes bilden die gegenwärtigen Immissionen des Hüttenbetriebes bekannt-



termaßen nicht unmittelbar ab sondern werden überwiegend durch Sekundäremissionen geprägt. Neben oftmals gleichförmigen Belastungen, kann es dabei immer wieder und an wechselnden Orten zu zeitweiligen Belastungsspitzen kommen.

Anhand der im Folgenden aufgeführten Gebietsmittelwerte (Tabelle 8) ergaben sich gegenüber dem Vorjahr als auch in Bezug auf einen Zeitraum von 2010 bis 2014 folgende Entwicklungen im Beurteilungsgebiet.

**Tabelle 8:** Jahresmittelwerte des gesamten Beurteilungsgebietes im Vergleich

Parameter	2016 JMW	2015 JMW	2014 JMW	2010-2014 Ø JMW
	Gesamtes Beurteilungsgebiet			
Staubniederschlag (g/(m <sup>2</sup> d))	0,08	0,10	0,09	0,08
Bleideposition (µg/(m <sup>2</sup> d))	105	115	108	123
Cadmiumdeposition (µg/(m <sup>2</sup> d))	1,6	1,7	1,8	1,6
Zinkdeposition (µg/(m <sup>2</sup> d))	250	301	357	351

### 8.6 PM<sub>10</sub>-Feinstaub und Staubinhaltsstoffe

Der Jahresmittelwert der PM<sub>10</sub>-Konzentration lag mit 21 µg/m<sup>3</sup> bei rund 53 % des Immissionsgrenzwertes (siehe Tabelle 9). Das Datenqualitätsziel von mindestens 90 % Datenverfügbarkeit wurde mit 356 Tagesproben, entsprechend 97 %, erreicht. Von beiden Laboren wurde dazu die gleiche Anzahl an Filterproben analysiert (WMG = 178, ZUS LLG = 178).

Die Grenzwerte für den Jahresmittelwert der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration (40 µg/m<sup>3</sup>) und für den Staubinhaltsstoff Blei (0,5 µg/m<sup>3</sup>) wurden sicher eingehalten. Auch die Zielwerte [2] der Staubinhaltsstoffe Arsen (6 ng/m<sup>3</sup>), Cadmium (5 ng/m<sup>3</sup>) und Nickel (20 ng/m<sup>3</sup>) wurden deutlich unterschritten.

**Tabelle 9:** Jahresmittelwerte 2016 der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration sowie der Inhaltsstoffe

Komponente	Jahresmittelwert	Einheit
PM <sub>10</sub>	21	µg/m <sup>3</sup>
Blei	0,07	µg/m <sup>3</sup>
Arsen	1,2	ng/m <sup>3</sup>
Cadmium	1,1	ng/m <sup>3</sup>
Nickel	1,1	ng/m <sup>3</sup>



Gegenüber dem Vorjahr haben sich sowohl bei der  $PM_{10}$ -Feinstaubkonzentration als auch bei den Staubinhaltsstoffen keine nennenswerten Änderungen ergeben. Die Anzahl der Überschreitungen, mit Tagesmittelwerten der  $PM_{10}$ -Feinstaubkonzentrationen oberhalb von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bleibt mit 6 Tagen sehr deutlich unter dem zulässigen Grenzwert von 35 Tagen [1,2].

## 9 Zusammenfassung

Die Staubniederschlagsuntersuchungen rund um das Hüttengelände in Nordenham wurden, aufgrund von Überschreitungen der Immissionswerte der TA Luft durch hüttentypische Depositionen von Blei und Cadmium in der Vergangenheit, auch im Jahr 2016 fortgeführt.

Die durchschnittliche Staubniederschlagsbelastung im gesamten Beurteilungsgebiet lag im Jahr 2016 mit  $0,08 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$  bei 23 % des Immissionswertes der TA Luft. Überschreitungen des Immissionswertes wurden an keinem Beurteilungspunkt gemessen.

Der Immissionswert der TA Luft für die Blei-Deposition ( $100 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) wurde im Berichtsjahr 2016 an acht von dreiundzwanzig Beurteilungspunkten überschritten. An zwei Beurteilungspunkten, in der näheren Nachbarschaft zur Hütte (NM4.4, NM4.5), wurden zudem deutliche Überschreitungen des Immissionswertes der TA Luft festgestellt. Im Mittel über das gesamte Beurteilungsgebiet wurde eine geringfügige Abnahme gegenüber dem Vorjahr ermittelt.

Bei den Cadmium-Depositionen wurden an drei Beurteilungspunkten (NM3.6, NM4.4, NM4.5) Überschreitungen des Immissionswertes der TA Luft ( $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) beobachtet. Gegenüber dem Vorjahr ist die durchschnittliche Cadmium-Deposition im gesamten Beurteilungsgebiet leicht zurückgegangen.

Neben den Blei- und Cadmium-Depositionen wurden auch die Zink-Depositionen bestimmt, zu deren Einordnung jedoch kein Immissionswert in der TA Luft existiert. Hilfsweise wird die nach BBodSchV [14] zulässige jährliche Fracht von  $329 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  als Bewertungsgrundlage herangezogen. An den zuvor genannten Messpunkten mit Überschreitungen des Immissionswertes für Cadmium-Depositionen, wurden formal auch Überschreitungen der Zink-Depositionen für die Richtgröße der Fracht festgestellt.

Die mittlere  $PM_{10}$ -Feinstaubkonzentration lag im Berichtsjahr 2016 mit  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei 53% des Immissionswertes der TA Luft. Der Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert wurde sicher eingehalten. An nur 6 von 35 zulässigen „Überschreitungstagen“ wurden im Jahr 2016 Konzentrationen bei den  $PM_{10}$ -Tagesmittelwerten von mehr als  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen.

Neben der  $PM_{10}$ -Feinstaubkonzentration wurden auch bei den Elementen Blei, Arsen, Cadmium und Nickel als Bestandteile des  $PM_{10}$ -Feinstaubes Unterschreitungen der Grenz- bzw. Zielwerte entsprechend der TA Luft und der 39. BImSchV festgestellt. Gegenüber dem Vorjahr haben sich die mittleren Konzentrationen von Arsen, Blei, Cadmium und Nickel kaum verändert.



Die Jahresmittelwerte des gesamten Beurteilungsgebietes zeigen erwartungsgemäß weniger Dynamik, als an den unterschiedlichen Beurteilungspunkten temporär zu beobachten ist. Dass in den Randgebieten des Beurteilungsgebietes bei Bauarbeiten oder Bodenbewegungen die Immissionsbelastungen deutlich ansteigen können (z. B. Messstellen NM2.6, NM2.7 in den Jahren 2013 bis 2015 – Bauprojekt Steelwind), zeugt von örtlich und zeitlich begrenzten Belastungen. Da sich derartige Zusatzbelastungen dennoch nicht spürbar auf den Gebietsmittelwert niederschlagen zeigt auch, dass nachhaltige Verbesserungen nur durch Maßnahmen im näheren Hüttenumfeld zum Erfolg führen. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Messunsicherheit bei den Komponenten sind nur geringe Veränderungen zwischen den aufgeführten Jahren erkennbar.



## 10 Literatur

- 1 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002
- 2 Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. Teil I Nr. 40, S. 1065) zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Oktober 2016 (BGBl. I, Nr. 48, Seite 2244)
- 3 Mitteilung des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Oldenburg, E-Mail vom 08.09.2017
- 4 VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 - Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode
- 5 VDI-Richtlinie 2463 Blatt 11 – Messen von Partikeln – Messen der Massenkonzentration – Filterverfahren – Filterwechsler DIGITEL DHA 80
- 6 VDI-Richtlinie 2267 Blatt 14 - Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlags mit Hilfe der optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES)
- 7 VDI-Richtlinie 2267 Blatt 16 - Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlags mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)
- 8 VDI-Richtlinie 2267 Blatt 15 - Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlags mit Hilfe der Massenspektrometrie (ICP-MS)
- 9 DIN EN 12341 (2014-8) Ermittlung der PM<sub>10</sub>-Fraktion von Schwebstaub (Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode)
- 10 DIN EN ISO 20988 (2007-9) Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit
- 11 Materialien Band 66 – PM<sub>10</sub>-Vergleichsmessungen der deutschen Bundesländer Essen 2005, ISSN 0947-5206 (Materialien)
- 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S.1554) zuletzt geändert durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I Nr. 35, S. 1474)



### Anhang

**Tabelle A1:** Staubniederschläge 2016 im Vergleich mit den Jahren 2011 – 2015

Beurteilungspunkt	Staubniederschlag in g/(m <sup>2</sup> d)						
	Jahr(e)						
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2011-2015 <sup>1)</sup>
<b>NM1.3</b>	0,043	0,067	0,044	0,039	0,052	0,083	0,057
<b>NM2.6</b>	0,060	0,263	0,181	0,210	0,124	0,161	0,188
<b>NM2.7</b>	0,131	0,221	0,227	0,243	0,154	0,086	0,186
<b>NM3.2</b>	0,034	0,064	0,043	0,033	0,036	0,045	0,044
<b>NM3.3</b>	0,078	0,069	0,115	0,059	0,081	0,050	0,075
<b>NM3.4</b>	0,138	0,106	0,055	0,069	0,059	0,086	0,075
<b>NM3.5</b>	0,063	0,073	0,054	0,052	0,046	0,048	0,055
<b>NM3.6</b>	0,122	0,123	0,123	0,109	0,087	0,087	0,106
<b>NM4.3</b>	0,038	0,049	0,047	0,061	0,056	0,057	0,054
<b>NM4.31</b>	0,051	0,069	0,078	0,068	0,048	0,083	0,069
<b>NM4.32<sup>2)</sup></b>	0,054	0,060	0,058	0,059	0,039		(0,054)
<b>NM4.4</b>	0,066	0,082	0,093	0,069	0,063	0,070	0,075
<b>NM4.5</b>	0,114	0,078	0,068	0,075	0,118	0,069	0,082
<b>NM5.2</b>	0,105	0,098	0,113	0,109	0,114	0,106	0,108
<b>NM5.3</b>	0,038	0,075	0,046	0,043	0,054	0,061	0,056
<b>NM5.4</b>	0,042	0,088	0,071	0,071	0,053	0,087	0,074
<b>NM5.6<sup>2)</sup></b>	0,064	0,105	0,178	0,046	0,078		(0,102)
<b>NM6.5<sup>2)</sup></b>	0,087	0,112	0,083	0,132	0,082		(0,102)
<b>NM8.3</b>	0,064	0,056	0,043	0,051	0,058	0,054	0,052
<b>NM8.31</b>	0,056	0,084	0,103	0,070	0,064	0,063	0,077
<b>NM8.4</b>	0,142	0,050	0,082	0,057	0,058	0,053	0,060
<b>NM10.3</b>	0,050	0,065	0,068	0,061	0,047	0,057	0,060
<b>NM10.31</b>	0,120	0,133	0,086	0,157	0,051	0,070	0,099
<b>Gebietsmittelwert</b>	0,078	0,096	0,087	0,085	0,071	0,074	0,083
Abweichung	-5,8 % <sup>3)</sup>						

<sup>1)</sup> Mittelwert der Jahre 2011 – 2015

<sup>2)</sup> Messstelle ab 2012

<sup>3)</sup> Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre 2011 – 2015

(NM4.32, NM5.6, NM6.5 Mittelwert der letzten vier Jahre 2012 - 2015)



**Tabelle A2:** Blei-Depositionen 2016 im Vergleich mit den Jahren 2011 – 2015

Beurteilungspunkt	Blei-Depositionen in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2011-2015 <sup>1)</sup>
<b>NM1.3</b>	20	16	20	18	18	40	18
<b>NM2.6</b>	33	92	44	62	51	58	61
<b>NM2.7</b>	58	54	38	52	41	39	45
<b>NM3.2</b>	21	19	19	22	22	30	22
<b>NM3.3</b>	49	27	38	34	32	33	33
<b>NM3.4</b>	113	66	79	61	71	63	68
<b>NM3.5</b>	118	160	96	89	116	120	116
<b>NM3.6</b>	130	99	114	110	80	122	105
<b>NM4.3</b>	92	115	108	97	83	185	117
<b>NM4.31</b>	112	112	116	123	96	189	127
<b>NM4.32<sup>2)</sup></b>	126	116	155	143	139		(138)
<b>NM4.4</b>	420	424	583	432	337	408	436
<b>NM4.5</b>	297	401	219	251	268	300	288
<b>NM5.2</b>	21	24	26	64	28	29	34
<b>NM5.3</b>	90	69	126	80	105	138	104
<b>NM5.4</b>	88	100	84	147	105	94	106
<b>NM5.6<sup>2)</sup></b>	27	33	24	35	42		(34)
<b>NM6.5<sup>2)</sup></b>	25	24	40	42	36		(35)
<b>NM8.3</b>	46	47	60	61	54	91	63
<b>NM8.31</b>	52	50	51	57	51	53	52
<b>NM8.4</b>	95	77	90	84	77	92	84
<b>NM10.3</b>	72	74	79	111	87	147	99
<b>NM10.31</b>	177	274	182	280	239	266	248
<b>Gebietsmittelwert</b>	105	115	108	112	98	124	111
Abweichung	-5,5 % <sup>3)</sup>						

<sup>1)</sup> Mittelwert der Jahre 2011 – 2015

<sup>2)</sup> Messstelle ab 2012

<sup>3)</sup> Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre 2011 – 2015  
(NM4.32, NM5.6, NM6.5 Mittelwert der letzten vier Jahre 2012 - 2015)



**Tabelle A3:** Cadmium-Depositionen 2016 im Vergleich mit den Jahren 2011 – 2015

Beurteilungspunkt	Cadmium-Depositionen in µg/(m²d)						
	Jahr(e)						
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2011-2015 <sup>1)</sup>
<b>NM1.3</b>	0,35	0,35	0,36	0,26	0,36	0,43	0,35
<b>NM2.6</b>	0,56	1,61	0,96	1,11	0,81	1,01	1,10
<b>NM2.7</b>	0,63	0,71	0,52	0,78	0,61	0,58	0,64
<b>NM3.2</b>	0,30	0,41	0,35	0,26	0,25	0,39	0,33
<b>NM3.3</b>	0,52	0,51	0,70	0,41	0,46	0,53	0,52
<b>NM3.4</b>	1,54	1,47	1,25	0,95	1,55	1,19	1,28
<b>NM3.5</b>	1,86	2,73	1,90	1,49	1,73	1,60	1,89
<b>NM3.6</b>	2,91	2,07	1,87	2,19	2,50	1,90	2,11
<b>NM4.3</b>	1,29	1,31	1,33	0,94	0,76	1,24	1,11
<b>NM4.31</b>	1,44	1,49	1,84	1,19	0,95	1,54	1,40
<b>NM4.32<sup>2)</sup></b>	1,96	1,37	1,89	1,48	1,24		(1,50)
<b>NM4.4</b>	6,21	5,98	9,41	4,15	4,84	5,21	5,92
<b>NM4.5</b>	4,77	5,32	4,75	3,51	3,24	3,47	4,06
<b>NM5.2</b>	0,33	0,36	0,39	0,75	0,31	0,38	0,44
<b>NM5.3</b>	1,26	0,72	1,24	0,80	0,63	1,02	0,88
<b>NM5.4</b>	1,20	1,19	1,07	1,57	1,20	1,15	1,24
<b>NM5.6<sup>2)</sup></b>	0,53	0,66	0,48	0,36	0,49		(0,50)
<b>NM6.5<sup>2)</sup></b>	0,34	0,45	0,47	0,62	0,42		(0,49)
<b>NM8.3</b>	0,63	0,72	0,83	0,77	0,55	0,85	0,74
<b>NM8.31</b>	0,93	0,72	0,98	0,83	0,91	0,89	0,87
<b>NM8.4</b>	1,82	1,87	1,92	1,53	2,01	2,00	1,87
<b>NM10.3</b>	0,94	1,12	1,18	1,02	0,86	1,10	1,06
<b>NM10.31</b>	1,81	3,42	3,42	3,58	1,64	2,32	2,87
<b>Gebietsmittelwert</b>	1,57	1,70	1,81	1,40	1,31	1,44	1,53
Abweichung	2,1 % <sup>3)</sup>						

<sup>1)</sup> Mittelwert der Jahre 2011 – 2015

<sup>2)</sup> Messstelle ab 2012

<sup>3)</sup> Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre 2011 – 2015  
(NM4.32, NM5.6, NM6.5 Mittelwert der letzten vier Jahre 2012 - 2015)



**Tabelle A4:** Zink-Depositionen 2016 im Vergleich mit den Jahren 2011 – 2015

Beurteilungspunkt	Zink-Depositionen in µg/(m²d)						
	Jahr(e)						
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2011-2015 <sup>1)</sup>
<b>NM1.3</b>	50	51	53	43	62	72	56
<b>NM2.6</b>	81	287	185	231	203	155	212
<b>NM2.7</b>	102	103	96	117	101	116	106
<b>NM3.2</b>	44	41	41	43	40	69	47
<b>NM3.3</b>	91	87	102	94	103	86	94
<b>NM3.4</b>	199	182	236	186	330	246	236
<b>NM3.5</b>	285	390	316	308	387	291	338
<b>NM3.6</b>	531	345	486	455	409	334	406
<b>NM4.3</b>	193	239	225	202	170	266	220
<b>NM4.31</b>	169	221	231	169	160	308	218
<b>NM4.32<sup>2)</sup></b>	261	290	353	364	403		(352)
<b>NM4.4</b>	1206	1600	2475	1402	2034	1899	1882
<b>NM4.5</b>	810	918	863	761	887	821	850
<b>NM5.2</b>	89	84	92	143	95	117	106
<b>NM5.3</b>	144	113	164	132	111	165	137
<b>NM5.4</b>	139	241	208	382	168	201	240
<b>NM5.6<sup>2)</sup></b>	60	52	59	72	69		(63)
<b>NM6.5<sup>2)</sup></b>	48	52	69	116	60		(74)
<b>NM8.3</b>	93	110	116	98	83	186	119
<b>NM8.31</b>	129	144	159	150	180	157	158
<b>NM8.4</b>	192	261	354	298	443	450	361
<b>NM10.3</b>	132	152	181	159	147	209	170
<b>NM10.31</b>	330	457	546	476	260	499	447
<b>Gebietsmittelwert</b>	250	301	357	292	319	332	320
Abweichung	-21,8 % <sup>3)</sup>						

<sup>1)</sup> Mittelwert der Jahre 2011 – 2015

<sup>2)</sup> Messstelle ab 2012

<sup>3)</sup> Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre 2011 – 2015  
(NM4.32, NM5.6, NM6.5 Mittelwert der letzten vier Jahre 2012 - 2015)